

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

# **ЗАСОБИ ПРИЙМАННЯ І ОБРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ**

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний  
посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою "Системи  
технічного захисту інформації"*

Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2019

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Засоби приймання і оброблення інформації» [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 125 «Кібербезпека», спеціалізації «Системи технічного захисту інформації»/КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.П.СМИРНОВ – Електронні текстові дані (1 файл: 0,63 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 24 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
(протокол № 7 від 01.04.2019 р.)  
за поданням Вченої ради Фізико-технічного інституту  
(протокол № 04/2019 від 26.03.2019 р.)*

*Електронне мережне навчальне видання*

## ЗАСОБИ ПРИЙМАННЯ І ОБРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ

### ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Укладачі:	<i>Смирнов Володимир Павлович, старший викладач.</i>
Відповідальний редактор:	<i>Мачуський Євгеній Андрійович, доктор техн. наук, проф.</i>
Рецензент:	<i>Кудінов Є.В., к.т.н., доц.</i>

Дані методичні вказівки мають на меті підвищення якості та спрощення підготовки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Засоби приймання і оброблення інформації». У вказівках подано короткі відомості про структуру, властивості лабораторних стендів і наведено методику визначення основних параметрів радіоприймального пристрою.

## ЗМІСТ

1. Порядок підготовки, виконання та захисту лабораторних робіт.....	4
2. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1. Визначення основних амплітудних параметрів радіоприймального пристрою.....	6
3. ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2. Визначення основних частотних параметрів радіоприймального пристрою.....	12
Літературні джерела.....	16
ДОДАТКИ.....	17
Додаток 1. Форма титульного листа звіту.....	17
Додаток 2. Генератор сигналів високочастотний Г4-102.....	18
Додаток 3. Мікровольтметр В3-57.....	20
Додаток 4. Універсальний двоканальний осцилограф С1-117.....	22
Додаток 5. Генератор Г3-102.....	24

## 1. ПОРЯДОК ПІДГОТОВКИ, ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

1.1. Під час підготовки до виконання лабораторних робіт слід ознайомитися зі змістом майбутньої лабораторної роботи, питаннями теоретичного курсу, пов'язаними з цією роботою. При цьому слід усвідомити мету і обсяг експерименту і виділити теоретичні положення, знання яких є необхідним як для виконання лабораторної роботи, так і для розуміння результатів лабораторних спостережень.

1.2 Користуючись рекомендованою літературою, засвоїти основні теоретичні відомості, методику і техніку вимірювань, які необхідно виконати в даній роботі. При цьому необхідно звернути увагу на припущення та спрощення, які були прийняті при теоретичному розгляді відповідних процесів, явищ, характеристик тощо. Це допоможе зрозуміти можливі розбіжності результатів експериментів з теорією.

1.3. Продумати умови проведення лабораторного експерименту у відповідності з описом лабораторної роботи: наявність готового лабораторного стенду або необхідність його збирання, запропоновані межі зміни тих чи інших параметрів, очікувані межі зміни величин, що спостерігаються в експерименті тощо.

1.4. Детально вивчити схему лабораторної установки, наведену в описі. При цьому треба звернути увагу на характеристики та правила експлуатації апаратури, яка буде використана під час роботи (подано у Додатках).

1.5. Продумати методику лабораторного експерименту на підставі розділу «Лабораторне завдання». При цьому необхідно звернути увагу на послідовність операцій в експерименті та необхідних спостережень, які підлягають фіксації як результат експерименту.

1.6. Заготовити бланк лабораторного звіту (форму подано у Додатку 1). Звіт про виконану роботу готується один на бригаду. У цьому бланку треба записати найменування і мету роботи, накреслити схему лабораторної установки і привести необхідні попередні дані у відповідності до завдання на лабораторну роботу. Крім того, в бланку треба заготувати відповідні таблиці для запису протоколу лабораторного експерименту. Форму таблиць для протоколу доцільно заготовити з деяким запасом: якщо, наприклад, для побудови деякої досліджуваної характеристики потрібно до десяти точок, передбачте в таблиці місце для запису результатів не десяти, а двадцяти

вимірювань. Це потрібно, по-перше, тому, що деякі вимірювання можуть виявитися помилковими і їх доведеться повторити (відкинути). По-друге, під час експерименту або побудови графіку може знадобитися зняття додаткових точок, наприклад, в області екстремальних значень характеристик або за межами досліджуваного діапазону.

1.7. Підготувати відповіді на питання, наведених у даній роботі.

1.8. Записати питання, які залишилися незрозумілими в ході підготовки, для обговорення з викладачем. Підготовку до лабораторних занять студент може вважати законченою, якщо він має чітке уявлення про те, що робити, як робити і що він очікує отримати в результаті експерименту.

1.9. Після закінчення виконання роботи одержані матеріали надаються викладачу, що керує роботою, для перевірки, затвердження та фіксації виконання у робочому журналі.

1.10. Після виконання лабораторної роботи бригада оформлює звіт у паперовому вигляді. При складанні звіту необхідно зосередити основну увагу на аналізі отриманих залежностей, їх поясненні і практичних висновках. У висновках можна висловити свої критичні зауваження щодо методів вимірювань і розрахунків досліджуваних залежностей і величин.

1.11. У звіти по роботі, де є теоретичні розрахунки, слід вписати необхідні розрахунки за формулами із зазначенням розмірності всіх фізичних величин. По кожній з формул числовий розрахунок повинен бути зроблений окремо, інші результати розрахунку, якщо це необхідно, заносяться в таблицю в остаточному вигляді.

1.12. Робота вважається зарахованою після її захисту. Захист має форму співбесіди бригади з керівником роботи щодо питань, досліджених у роботі. Під час підготовки до захисту лабораторної роботи студент перевіряє свої знання, відповідаючи на контрольні питання до роботи, використовуючи пропоновану літературу.

1.14. Допуск до іспиту з дисципліни надається у разі виконання і захисту всіх лабораторних робіт. Кількість набутих балів у відповідності з РСО повідомляється викладачем після захисту роботи.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

### ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ АМПЛІТУДНИХ ПАРАМЕТРІВ РАДІОПРИЙМАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Мета роботи: Експериментальне визначення основних амплітудних параметрів радіомовного приймача з амплітудною модуляцією.

#### Теоретичні відомості

1. Визначення основних амплітудних параметрів радіоприймального пристрою виконується за допомогою дослідницького станду, структурну

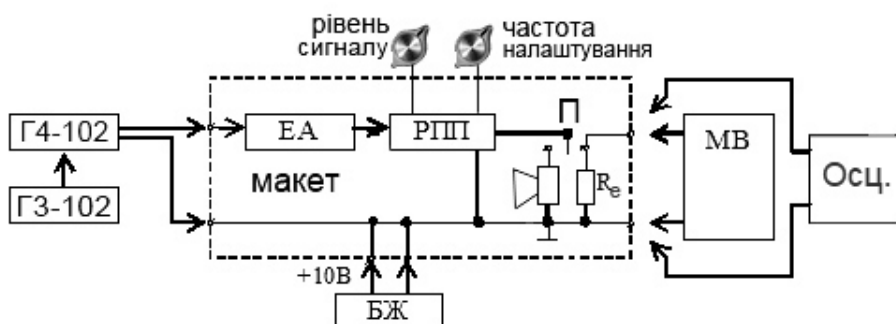


Рис.1. Дослідницький стенд

схему якого подано на Рис. 1. У складі станду:

- макет радіоприймального пристрою, який містить власне приймач (РПП) з еквівалентом антени (ЕА), внутрішнім гучномовцем та еквівалентом навантаження ( $R_e$ ), що перемикаються перемикачем П. Приймач має органи керування рівня сигналу та частоти налаштування;
- джерело АМ колювання, яке складається з ВЧ генератора Г4-102 та генератора модульовального колювання ГЗ-102 (параметри генераторів наведені у Додатках);
- засоби вимірювання – мілівольтметр ВЗ-57 та осцилограф С1-117, що по черзі підмикаються до еквивалента навантаження (параметри вимірювачів наведені у Додатках)
- блок живлення (БЖ) на 10 В сталої напруги.

2. До амплітудних параметрів РПП можна віднести:

- чутливість;
- динамічний діапазон входних сигналів;
- ефективність автоматичного регулювання підсилення (АРП);
- вихідну потужність.

3. Під чутливістю розуміють властивість приймача приймати слабкі сигнали. Чутливість визначається мінімально необхідною потужністю  $P_{BXmin}$  (або ЕРС сигналу) в антені, яка забезпечує нормальне функціонування кінцевого пристрою при заданому відношенні потужності сигналу до потужності власних шумів на виході приймача

$$P_{BXmin} = kTK_{\Pi}\Pi_{\Pi}S,$$

де  $kT = 4 \times 10^{-21} \text{ ВТ/Гц}$ ;

$K_{\text{ш}}$  - коефіцієнт шуму приймального пристрою;

$\Pi_{\text{ш}}$  - шумова смуга (для супергетеродинних приймачів  $\Pi_{\text{ш}} = (1,1 \dots 1,2)\Pi_{\text{пр}}$ , де  $\Pi_{\text{пр}}$  - ширина смуги пропускання підсилювача проміжної частоти за рівнем -3дБ);

$S = \frac{P_{\text{бух}}}{P_{\text{ш}}}$  - відношення потужності сигналу до потужності власних шумів на виході приймача. За необхідним значенням  $S$  розрізняють реальну, порогову та ефективну чутливості.

Реальна чутливість визначається величиною сигналу в антені, при якій відношення потужності (напруги) сигналу до потужності (напруги) внутрішніх шумів на виході приймача дорівнює заданій величині, залежній від призначення приймача.

Порогова чутливість визначається величиною потужності (напруги) сигналу в антені, при якій відношення сигнал/шум на виході приймача дорівнює одиниці.

Ефективна чутливість – це властивість приймати слабкі сигнали із заданим відношенням сигнал/завада в умовах впливу всього ансамблю завад, що діють на антену.

У всіх сучасних приймачах наявна система АРП із затримкою, яка стабілізує рівень вихідної напруги приймача при зміні рівня вхідного сигналу, за умови перевищення ним порогу АРП. Тому зручніше визначати порогову чутливість, коли вхідний сигнал гарантовано не перевищує поріг спрацювання АРП.

4. Вимірювання порогової чутливості виконується в два етапи. Спочатку закорочується вхід приймача і вимірюється потужність на виході, яка містить його власний шум і шум еквівалента антени, помножені на максимальний коефіцієнт підсилення приймача. На другому етапі вхід приймача через еквівалент антени під'єднується до виходу генератора АМ коливання. Середня частота АМ коливання повинна дорівнювати частоті налаштування приймача. Рівень сигналу генератора встановлюють таким, щоб потужність на виході збільшилась вдвоє. Встановлений рівень напруги генератора і дорівнює пороговій чутливості. Систематичною похибкою є потужність шуму генератора, яку, у першому наближенні, можна врахувати, вимірюючи вихідну потужність з підімкненим генератором, у якого виведено до «нуля» рівень вихідного сигналу.

За результатом цього експерименту можна розрахувати максимальний коефіцієнт підсилення приймача

$$K_{\text{max}} = \frac{U_{\text{БУХ1}}}{U_{\text{Гmin}}},$$

де  $U_{\text{БУХ1}}$  – відлік під час першого вимірювання;  $U_{\text{Гmin}}$  - напруга на виході генератора під час другого вимірювання.

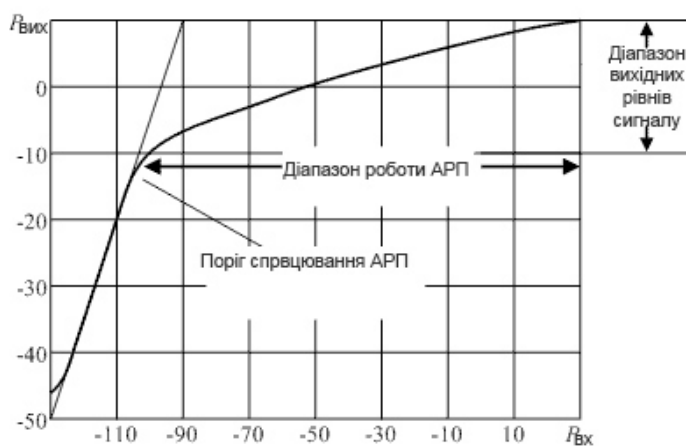


Рис. 2. Статична характеристика АРП

5. Динамічний діапазон приймача визначається як відношення найбільшого до найменшого значення вхідного сигналу. Найменше значення залежить від власного шуму приймача, а найбільше визначається припустимим рівнем спотворень, які вносить приймач під дією великого сигналу. Оцінка нелінійних спотворень є складним

завданням, залежним від призначення приймача. Для радіомовного приймача достатньою є побудова прохідної характеристики (див. Рис.2), початкова область якої (ліворуч від порогу спрацювання АРП) показує роботу з максимальним коефіцієнтом підсилення. Область праворуч порогу дозволяє оцінити ефективність дії АРП як відношення змін вихідної потужності (або напруги) до змін вхідної. Нелінійні спотворення, тобто зміна форми сигналу, можуть бути не виявлені під час вимірювання вихідної напруги вольтметром (потужність сигналу розподіляється між першою гармонікою і новоутвореними вищими гармоніками, а вольтметр вимірює дієве значення спотвореного коливання). Тому, оцінку рівня вихідного сигналу краще робити за допомогою осцилографа, спостерігаючи появу відхилення форми вихідного коливання від синусу.

### Домашнє завдання

Ознайомитися з описами мілівольтметра ВЗ-57, осцилографа С1-117, і генераторів ГЗ-102 та Г4-102, поданих у Додатках.

### Лабораторне завдання

1. Відкалібрувати шкалу рівнів генератора Г4-102, для чого виконати наступні дії:
  - 1.1. Встановити на генераторі Г4-102 частоту 500 кГц, режим «мод. внеш.».
  - 1.2. З'єднати вихід " $\mu V$ " генератора зі входом мілівольтметра ВЗ-57.
  - 1.3. Ввімкнути прилади і після 5-хвилинного прогрівання порівняти відліки мілівольтметра із значеннями рівня на шкалі генератора у різних положеннях вихідного атенюатора. Результати занести в Таблицю 1.



Таблиця 1

Значення напруги на шкалі генератора								
Відліки на шкалі вольтметра								

2. Визначити межі налаштування макету приймача, для чого виконати наступні дії.

2.1. Зібрати дослідницький стенд відповідно до Рис. 1, для чого: з'єднати вихід генератора ГЗ-102 зі входом «мод. внеш.» генератора Г4-102, вихід " $\mu V$ " генератора Г4-102 - зі входом макету приймача.

2.2. Ручкою «Частота» приймача перевести індикатор шкали налаштування у крайнє ліве положення. Регулятор рівня встановити в середнє положення. Перемикач П встановити в положення «Гучномовець».

2.3. Встановити на генераторі ГЗ-102 частоту 1 кГц. Кнопками на генераторі Г4-102 обрати діапазон 3 (0,4МГц...0,8 МГц).

2.4. Ввімкнути прилади і після 5-хвилинного прогрівання змінювати частоту Г4-102 до одержання найгучнішого звуку гучномовця. Записати цю частоту як  $f_{min}$ .

2.5. Ручкою «Частота» приймача перевести індикатор шкали налаштування у крайнє праве положення. На генераторі Г4-102 обрати діапазон 4 (0,8МГц...2 МГц). Змінювати частоту Г4-102 до одержання найгучнішого звуку гучномовця. Записати цю частоту як  $f_{max}$ .

2.6. Визначити середню частоту за формулою  $f_{сер} = \frac{f_{min} + f_{max}}{2}$  і позначити її на шкалі приймача.

3. Визначити порогову чутливість  $U_{ПОР}$  і максимальний коефіцієнт підсилення приймача для трьох частот, для чого виконати наступні дії.

3.1. Перемикач П на макеті перевести в положення «Еквівалент», регулятор «Рівень сигналу» перевести в крайнє праве положення, перемикач «Вих.» на генераторі Г4-102 перевести в положення «вимкнено».

3.2. Налаштовуючи приймач на три частоти  $f_{min}$ ,  $f_{сер}$ ,  $f_{max}$ , виміряти напругу на виході приймача, яка дорівнює підсиленому власному шуму приймача і еквіваленту антени  $U_{ВУХ1} = U_{ШВУХ}$ . Результати вимірювання занести в Таблицю 2.

Таблиця 2

$f$	$U_{BUX1} = U_{ШBUX}$	$U_{Гmin} = U_{ПОР}$	$K_{max} = \frac{U_{BUX1}}{U_{Гmin}}$
$f_{min}$			
$f_{сер}$			
$f_{max}$			

3.3. Встановити на генераторі Г4-102 режим зовнішньої модуляції з параметрами:

- частота модуляції  $F_M = 1 \text{ кГц}$  (встановлюється на генераторі Г3-102);
- глибина модуляції  $m = 0,3$ . Для цього, подавши на вхід зовнішньої модуляції Г4-102 коливання від Г3-102 порядку 1В, відкалібрувати вимірювач модуляції і встановити  $m = 0,3$ . Встановити частоту Г4-102, що дорівнює  $f_{min}$ . Налаштувати приймач на частоту  $f_{min}$ .

3.4. Ввімкнути вихід "μV" і збільшувати рівень напруги генератора Г4-102 до одержання вихідної напруги, що вдвоє перевищує рівень  $U_{BUX1} = U_{ШBUX}$ , одержаний під час попереднього вимірювання. Занести значення  $U_{Гmin} = U_{ПОР}$  у Таблицю 2, врахувавши можливу корекцію з Таблиці 1.

3.5. Змінивши налаштування генератора і приймача на частоти  $f_{сер}$ ,  $f_{max}$ , повторити процедуру і занести результати в Таблицю 2.

3.6. Підрахувати і занести в Таблицю 2 значення максимального коефіцієнту підсилення приймача на різних частотах.

4. Зняти і побудувати прохідну характеристику приймача на частоті  $f_{сер}$ , для чого виконати наступні дії.

4.1. Підімкнути до виходу приймача осцилограф С1-117. Для встановлення його чутливості слід скористатися значенням  $U_{BUX1} = U_{ШBUX}$  з Таблиці 2. Змінюючи рівень вихідної напруги Г4-102, вимірювати на екрані осцилографа розмах вихідної напруги приймача. Одержані дані занести в Таблицю 3. Засинхронізувавши осцилограф, спостерігати форму вихідного коливання. Припинити збільшення вхідної напруги у разі поміченого відхилення її форми від синусу.

Таблиця 3

$U_{Г}$									
$U_{BUX}$									

4.2. За даними Таблиці 3 побудувати прохідну характеристику приймача і по ній оцінити динамічний діапазон приймача  $D = \frac{U_{Гmax}}{U_{Гmin}}$  і ефективність АРП на ділянці її дії (на похилій ділянці прохідної характеристики) за формулою

$$E_{APП} = \lg \frac{U_{Гmax}}{U_{Г0}} / \lg \frac{U_{ВUXmax}}{U_{ВUX0}},$$

де  $U_{Г0}$  та  $U_{ВUX0}$  - точка зміни нахилу характеристики.

5. Зробити висновки щодо амплітудних властивостей досліджуваного приймача і занести їх до звіту.

### Контрольні питання

1. Що називають чутливістю приймача?
2. Що називають пороговою чутливістю приймача?
3. Що називають реальною чутливістю приймача?
4. Як визначається динамічний діапазон приймача і що його обмежує?
5. Як оцінити ефективність дії АРП?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

### ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ЧАСТОТНИХ ПАРАМЕТРІВ РАДІОПРИЙМАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ

Мета роботи: Експериментальне визначення основних частотних параметрів радіомовного АМ приймача.

#### Теоретичні відомості

1. Визначення основних частотних параметрів радіоприймального пристрою (РПР) виконується за допомогою дослідницького стенду, структурну схему і склад якого подано на Рис. 1 Лабораторної роботи №1.

2. До частотних параметрів РПР можна віднести:

- діапазон частот приймання сигналів;
- селективність щодо паразитних каналів приймання;
- смугу пропускання і нерівномірність коефіцієнту передавання в смузі пропускання приймача;
- частотну стабільність налаштування приймача.

Діапазон частот приймання сигналів макету приймача було визначено в Лабораторній роботі №1. У Лабораторній роботі №2 експериментально визначаються два наступні параметри радіомовного приймача сигналів з амплітудною модуляцією. Визначення частотної стабільності налаштування вимагає підімкнення засобів вимірювання до внутрішніх кіл приймача, які є недоступними у досліджуваному макеті приймача.

3. Селективністю називають здатність радіоприймального пристрою виділяти корисний сигнал і ослаблювати дію завад. Селективність буває: частотною, часовою, просторовою, поляризаційною. В роботі досліджується частотна селективність приймача.

Частотна селективність реалізується за допомогою резонансних кіл і фільтрів. Вона описується нормованою амплітудно-частотною характеристикою (АЧХ)  $\gamma(f)$  трактів сигнальної  $\gamma(f_c)$  і проміжної  $\gamma(f_{пч})$  частот приймача

$$\gamma(f_c) = \frac{K(f)}{K_{0c}}, \quad \gamma(f_{пч}) = \frac{K(f)}{K_{0пч}},$$

де  $K(f)$  - модуль коефіцієнта передавання трактів приймача на частоті  $f$ , де очікується поява завад;

$K_{0c}$  та  $K_{0пч}$  - теж саме, тільки на частотах  $f_c$  і  $f_{пч}$ .

Вид залежностей нормованих АЧХ трактів сигнальної та проміжної частот, від абсолютного розстроєння  $\Delta f_c = f - f_c$  та  $\Delta f_{пч} = f - (f_c \pm f_T)$  подано на Рис.3.

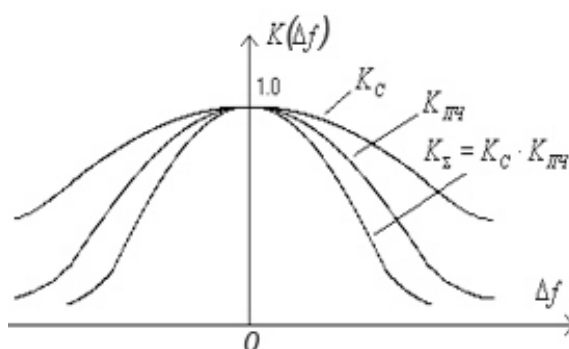


Рис.3. Нормовані АЧХ ПРП

З Рис.3. випливає, що підсумкова селективність супергетеродинного приймача дорівнює

$$\gamma(f) = \gamma(f_c) \cdot \gamma(f_{\text{ПЧ}})$$

і визначається, в основному, трактом проміжної частоти, тобто фільтром підсилювача проміжної частоти (ППЧ).

Кількісно селективність приймача  $S$  оцінюється величиною, оберненою до  $\gamma(f)$ , тобто  $S = \frac{1}{\gamma(f)}$ .

Але реальна селективність приймача в цілому залежить також від нелінійних явищ в його каскадах. Тому вводять поняття ефективної частотної селективності, під яким розуміють властивість приймача розрізняти корисний сигнал і завади, частоти яких знаходяться за межами смуги пропускання приймача, а рівні є такими, що можуть створювати нелінійні ефекти в приймачі при одночасній дії. Завдяки нелінійній взаємодії завадових сигналів виникають нові складові спектра, частоти яких можуть співпадати зі смугою пропускання ППЧ.

4. Якість відтворення прийнятого сигналу однозначно характеризує достовірність інформації, що передається, і визначається допустимими спотвореннями відтвореного сигналу за відсутності завад. Спотворення можуть бути лінійними і нелінійними.

До лінійних відносяться:

- амплітудно-частотні спотворення;
- фазо-частотні спотворення.

Амплітудно-частотні спотворення змінюють співвідношення між амплітудами складових спектра повідомлення на виході приймача по відношенню до його входу. Вони визначаються нерівномірністю АЧХ „наскрізного” тракту приймача в діапазоні частот модуляції. АЧХ „наскрізного” тракту приймача в діапазоні частот модуляції називають кривою вірності.

Фазо-частотні спотворення виникають за рахунок різного часу затримки складових спектру сигналу у приймальному тракті і визначають можливу зміну форми прийнятого сигналу. Виходячи з того, що людське вухо не відчуває фазових співвідношень у спектрі звукового повідомлення, фазо-частотні спотворення у радіомовних приймачах не вимірюються.

Нелінійні спотворення виникають в результаті взаємодії складових спектра повідомлення у нелінійному тракті детектування та підсилення демодульованого сигналу (ПНЧ). Суттєвою особливістю цих спотворень є те, що, враховуючи відносну широкосмуговість спектра повідомлення, новоутворені складові спектра можуть потрапити в межі смуги пропускання ПНЧ. На відміну від позасмугових сигналів, вплив яких можна обмежити частотною вибірковістю фільтрів, єдиним засобом зменшення цих спотворень є лінеаризація ПНЧ. Найефективнішим засобом лінеаризації є застосування від’ємного зворотного зв’язку.

5. Загальним способом визначення селективності приймача, налаштованого на частоту  $f_c$ , є вимірювання його вихідної напруги при дії вхідного сигналу на частотах:

- $f_c \pm \Pi$  - при визначенні селективності щодо сусіднього каналу (розстроєного на смугу пропускання  $\Pi$ );
- $f_c \pm 2f_{\Pi\text{ч}}$  - при визначенні селективності щодо дзеркального каналу (розстроєного на  $\pm 2f_{\Pi\text{ч}}$ );
- $f_{\Pi\text{ч}}$  - при визначенні селективності щодо каналу прямого проходження.

Вимірювання відбувається методом порівняння, тобто, спочатку приймач налаштовується на частоту генератора  $f_c$  з рівнем  $U_{Г1}$  і визначається рівень його вихідної напруги  $U_{ВУХ}$ . Далі, генератор налаштовується на одну з частот паразитних каналів і його напругу збільшують до значення  $U_{Г2}$ , при якому вихідна напруга знову дорівнює  $U_{ВУХ}$ . У підсумку селективність дорівнює  $S = U_{Г2}/U_{Г1}$ .

Слід зробити деякі зауваження щодо способу визначення селективності:

- випробовувальні сигнали, налаштовані на частоти завадових каналів, повинні бути амплітудно модульованими, бо  $U_{ВУХ}$  має частоту модуляції;
- спосіб дозволяє визначити ефективну селективність приймача з урахуванням дії кола автоматичного регулювання підсилення (АРП), яке діє, фактично, проти частотної вибіркової фільтрів приймача, збільшуючи підсилення для сигналів, ослаблених фільтрами;
- щоб зменшити залежність селективності від рівня вхідного сигналу, слід обирати його якомога ближче до чутливості приймача, хоча при цьому можна втратити точність порівняння  $U_{ВУХ}$  через недостатнє відношення сигнал/шум.

6. Смугою пропускання приймача  $\Pi = 2\Delta F$  вважається смуга частот в околі частоти налаштування, в межах якої нерівність коефіцієнту передавання не перевищує заздалегідь обумовленого рівня. Найчастіше задається рівень

$$K(\pm\Delta F) = 0,707K_0, \quad \text{або} \quad 20\lg \frac{K(\pm\Delta F)}{K_0} = -3\text{дБ}.$$

Вимірювання характеристики вірності виконують, вимірюючи напругу на навантаженні детектора під час зміни частоти генератора сигналу модуляції в межах половини смуги пропускання приймача. Це, фактично, є оцінкою рівня амплітудно-частотних спотворень.

### Домашнє завдання

Ознайомитися з методами вимірювання частотних параметрів РПР.

### Лабораторне завдання

1. Зібрати дослідницький стенд відповідно до Рис. 1 Лабораторної роботи №1, для чого: з'єднати вихід генератора ГЗ-102 зі входом «мод. внеш.» генератора Г4-102, вихід " $\mu V$ " генератора Г4-102 - зі входом макету приймача. Встановити частоту коливання генератора ГЗ-102 1 кГц.

2. Встановити на генераторі Г4-102 частоту 500 кГц і рівень вихідної напруги  $U_{Г1}$ , що в 3 рази перевищує чутливість приймача (див. Л.р. №1). Налаштувати приймач за максимумом вихідної напруги і виміряти цю напругу  $U_{ВУХ}$ . Не змінюючи налаштування приймача, встановити частоту генератора  $f_{ДЗ} = 500 + 2f_{ПЧ} = 500 + 930 = 1430 \text{ кГц}$ . Збільшувати вихідну напругу генератора до значення  $U_{Г2}$ , при якому вихідна напруга приймача знову стане дорівнювати  $U_{ВУХ}$ . Визначити селективність щодо дзеркального каналу  $S_{ДЗ} = U_{Г2}/U_{Г1}$ , або  $S_{ДЗ} \text{ дБ} = 20 \lg(U_{Г2}/U_{Г1})$ .

3. В такий же спосіб визначити селективність  $S_{СК}$  щодо сусіднього каналу, налаштувавши генератор Г4-102 на частоти  $f_{СК} = 500 \pm 10 = 510(490) \text{ кГц}$ .

4. В такий же спосіб визначити селективність  $S_{ПК}$  щодо каналу прямого проходження сигналу, налаштувавши генератор Г4-102 на частоту  $f_{ПЧ} = 465 \text{ кГц}$ .

5. Для визначення характеристики вірності виконати такі дії.

5.1. Встановити на генераторі Г4-102 частоту 500 кГц і рівень вихідної напруги  $U_{Г1}$ , що в 3 рази перевищує чутливість приймача (див. Л.р. №1). Налаштувати приймач за максимумом вихідної напруги.

5.2. Змінювати частоту модуляції генератора ГЗ-102 в межах 100 Гц...5 кГц і вимірювати напругу на виході приймача. Одержані дані занести в Таблицю 4.

Таблиця 4

$F_{МОД}$						
$U_{ВУХ}$						

За даними Таблиці 4 побудувати характеристику вірності приймача.

### Контрольні питання

1. Що називають селективністю приймача?
2. Якими видами селективності характеризується приймач?
3. Що таке частотна селективність приймача?
4. Чи впливають власні шуми приймача на селективність?

5. Чим визначається селективність за дзеркальним каналом?
6. Чим визначається селективність за сусіднім каналом?
7. Для яких цілей потрібно знімати характеристику вірності?

#### ЛІТЕРАТУРНІ ДЖЕРЕЛА

1. Радиоприемные устройства: Учеб. Пособие для радиотехнич. спец. вузов/ Под ред. А.П.Жуковского. – М.: Высшая школа. 1989. – 342 с.
2. Радиоприёмные устройства: Учебник для вузов. — 2-е изд./Под. ред. Н. Н. Фомина. — М.: Радио и связь, 2003. — 520 с..
3. Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник/ За ред. Ю.Л.Мазора, Є.А.Мачуського, В.І.Правди. К.: Вища школа, 1999. – 838 с.
4. Справочник по учебному проектированию приемно-усилительных устройств. /Под ред. М.К.Белкина. – К.: Вища школа. 1988. – 472 с.
5. Приём и обработка сигналов: сборник задач и упражнений: учеб. Пособие для вузов/ К.Е. Румянцев. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. - 368 с.
6. Ескізне проектування радіоприймальних пристроїв./Салабай О. В. – Одеса: ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2012 – с. 76.



## ДОДАТКИ

## Додаток 1

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»  
Фізико-технічний інститут

ЗВІТ  
про виконання лабораторної роботи  
(назва роботи)  
з навчальної дисципліни «Засоби приймання та обробки інформації»

Виконавці роботи:  
ст. гр. \_\_\_\_\_

Роботу прийнято  
\_\_\_\_\_ (П.І.Б. викладача)

Надано \_\_\_\_ балів РСО

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## ГЕНЕРАТОР СИГНАЛІВ ВИСОКОЧАСТОТНИЙ Г4-102

Генератор є джерелом синусних та амплітудно-модульованих коливань діапазону частот радіомовлення.



### Основні технічні характеристики

1. Діапазон частот: 0,1 – 50 МГц, розбитий на 8 піддіапазонів:

- 1 – (0,1...0,2) МГц,
- 2 – (0,2...0,4) МГц,
- 3 – (0,4...0,8) МГц,

- 4 – (0,8...2) МГц,
  - 5 – (2,0...5,0) МГц,
  - 6 – (5,0...12,5) МГц,
  - 7 – (12,5...25,0) МГц,
  - 8 – (25,0...50,0) МГц.
2. Основна похибка установки частоты по шкалі: 1 %.
  3. Додаткова похибка при зміні температури на 10 °С: 0,3 % + 250 Гц.
  4. Нестабільність частоты після прогріву протягом 1 год: 0,00025 F + 50 Гц.
  5. Паразитна девіація частоты в режимі НГ: 0,000001 F + 50 Гц.
  6. Межі зміни вихідної каліброваної напруги: 0,1 мкВ – 500 мВ  
Напруга змінюється кроками по 10 Дб і плавно в межах кожного кроку.
  7. Найбільший рівень некаліброваного напруги: 1 В.
  8. Основна похибка установки опорної напруги: 12 %.
  9. Основна похибка установки ослаблення аттенюатора: 18 %.
  10. Нестабільність опорної напруги після прогріву: 1 %.
  11. Коефіцієнт гармонік вихідного коливання: 5 %.
  12. Паразитна амплітудна модуляція в режимі НГ: 0,5 %.
  13. Частота внутрішньої АМ: 1 кГц.
  14. Межі установки глибини модуляції: 0 – 90 %.
  15. Основна похибка установки глибини модуляції: 10 %.
  16. Основна похибка глибини модуляції при зовнішній модуляції: 5 %.
  17. Напруга зовнішнього модульованого коливання: до 1 В.
  18. Діапазон частот зовнішньої модуляції: 0,05 – 15 кГц.
  19. Межі зміни глибини зовнішньої модуляції: 0 – 90 %.
  20. Коефіцієнт нелінійних спотворень вихідного коливання: 5 %.

### Порядок роботи

1. Заземлити прилад, приєднавши клему заземлення до спільної шини.

2. Ввімкнути кабель живлення в мережу, ввімкнути тумблер «СЕТЬ», переконатись по загорянню індикатора «СЕТЬ» в наявності живлення та очікувати 5 хвилин для прогрівання приладу.
3. Робота з приладом складається в основному з трьох операцій:
  - встановлення частоти;
  - встановлення величини вихідної напруги;
  - встановлення коефіцієнта модуляції.
4. Встановлення частоти  
 Необхідне значення частоти встановлюється включенням одного з 8-ми піддіапазонів та ручкою «УСТАНОВКА ЧАСТОТЫ МГц» в межах піддіапазону. Тумблери « $\mu V$ » чи « $1V$ » повинні бути в положенні «ВКЛ.».
5. Встановлення вихідної напруги.  
 Операція виконується тільки по каналу « $\mu V$ ». Вона здійснюється двома ручками — ступінчастою та плавною. Відлік встановленого значення в мікрівольтах виконується за відповідними шкалами: при червоному множнику — червоною, внутрішньою шкалою, при чорному — чорною, зовнішньою шкалою. Правильність відліку гарантується при роботі на 50-омне навантаження.  
 Для отримання рівнів сигналу менше за 0,5 мкВ використовується виносний атенуатор, який включається на кінці вихідного кабелю приладу. Він дає додаткове ослаблення в 20 дБ і може бути використаний для переходу на 75-омне навантаження. 75-омний вихід використовується для роботи на високоомне навантаження.
6. Встановлення коефіцієнта модуляції.  
 Установка коефіцієнта модуляції виконується двома ручками. В першу чергу ручкою «УРОВЕНЬ МОДУЛ.» стрілка індикатора встановлюється на риску «К». При роботі від зовнішнього джерела модульовального сигналу цю операцію можна здійснювати регулятором його вихідної напруги. Необхідний коефіцієнт модуляції встановлюється перемикачем «М%».  
 Перехід від режиму внутрішньої модуляції до режиму модуляції від зовнішнього джерела виконується перемиканням тумблера «ВНЕС. — ВНУТР.».

## МІКРОВОЛЬТМЕТР ВЗ-57



Мікровольтметр ВЗ-57 призначено для вимірювання середньоквадратичного значення напруги змінного струму довільної форми та перетворення напруги змінного струму в пропорційну напругу сталого струму.

### Основні технічні характеристики

1. Діапазон вимірюваних напруг – 10 мкВ...300 В розбито на 15 піддіапазонів з верхніми межами: (0,03; 0,1; 1; 3; 10; 30; 100) мВ; (1; 3; 10; 30; 100; 300) В.
2. Частотний діапазон вимірюваних напруг – 5 Гц...5 МГц.
3. Межі основної похибки вимірювання:
  - $\pm 1,0\%$  - на піддіапазонах (30...300) мВ;
  - $\pm 1,5\%$  - на піддіапазонах (1...10) мВ;
  - $\pm 2,5\%$  - на піддіапазонах (0,1; 0,3) мВ та (1...300) В;
  - $\pm 4,0\%$  - на піддіапазоні 0,03 мВ.
4. Шкалу стрілкового індикатора проградуєвано у середньоквадратичних значеннях та децибелах. Рівень 0 дБ відповідає напрузі 0,775 В.
5. Активний вхідний опір, виміряний на частоті 10 Гц –  $(5 \pm 1)$  Мом.
6. Вхідна ємність:
  - $(27 \pm 5,4)$  пФ на піддіапазонах (0,03...300) мВ;
  - $(12 \pm 2,4)$  пФ на піддіапазонах (1...300) В.
7. Ємність кабелів приєднання –  $(80 \pm 16)$  пФ.
8. Живлення приладу – мережева напруга  $(220 \pm 22)$  В; частота  $(50 \pm 0,5)$  Гц; споживана потужність – 17 ВА.

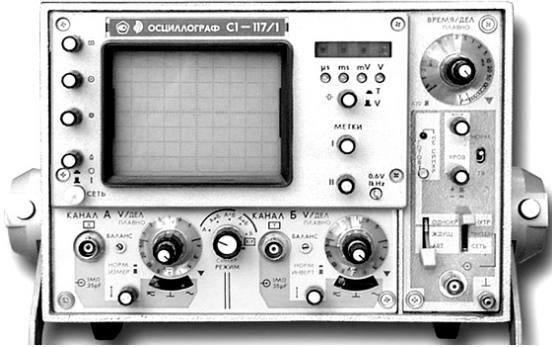
### Порядок роботи

1. Заземлити прилад, приєднавши клему заземлення ( на задній панелі приладу) до спільної шини.
2. Ввімкнути кабель живлення в мережу, ввімкнути тумблер «ВКЛ», переконавшись по загорянню індикатора «СЕТЬ» в наявності живлення та очікувати 10 хвилин для прогрівання приладу.
3. Закоротити вхід приладу і на піддіапазоні, що відповідає очікуваному значенню вимірюваної напруги, ручкою «УСТ. 0» перевести стрілку індикатора у зачорнений сектор шкали.
4. Перемкнути перемикач рівня вхідної напруги у положення «300 В» і підключити до входу вимірювану напругу.

5. Перемикати перемикач рівня до положення, в якому величина відліку вимірюваної напруги складає більше половини шкали індикатора.
6. Записати виміряну величину напруги і оцінити похибку вимірювання.

## УНІВЕРСАЛЬНИЙ ДВОКАНАЛЬНИЙ ОСЦИЛОГРАФ С1-117

Призначений для двоканального дослідження форми електричних сигналів шляхом візуального спостереження і вимірювання їх амплітудних і часових параметрів на екрані ЕПТ з індикацією результатів вимірювання та розмірності вимірюваних параметрів на світлодіодному індикаторі.



### Основні технічні характеристики

1. Кількість каналів - 2.
2. Робоча частина екрану - 60x80 мм.
3. Вертикальне відхилення (канали А і Б):  
чутливість змінюється ступенями від 0,1 мВ/см до 5 В/см, відповідно до ряду чисел 1,2,5(15 ступенів) і плавно між ступенями.
4. Смуга прозорості – (0...15) МГц.
5. Час наростання перехідної характеристики:
  - при відхиленні 1 мВ/см і вище - не більше 23 нс;
  - при відхиленні 0,1...0,5 мВ/см - не більше 3,5 мкс.
6. Вхідний імпеданс:
  - безпосередній вхід - 1 МОм з паралельною ємністю, не більшою за 35 пФ;
  - з подільником 1:10 - 1 МОм з паралельною ємністю, не більшою за 17 пФ.
7. Максимальна вхідна напруга (змінна + стала):
  - на закритому вході 300 В;
  - на відкритому вході 100 В;
  - на закритому або відкритому вході з дільником 1:10 – 300 В.
8. Похибка коефіцієнтів відхилення в нормальних умовах -  $\pm 4\%$ .
9. Похибка цифрового вимірювання амплітуди - 2 ... 3%.
10. Горизонтальне відхилення:
  - тривалість розгортки –  $(0,5 \cdot 10^{-6} \dots 0,5)$  с,
 встановлюється ступенями відповідно ряду чисел 1, 2, 5 (19 ступенів) і плавно між ступенями. Є 10-кратна розтяжка тривалості розгортки.
  - похибка тривалості в нормальних умовах -  $\pm 4\%$ .
11. Похибка цифрових вимірювань часових сигналів – (1...2)%.
12. Синхронізація внутрішня:
  - гармонічними коливаннями –  $(10 \dots 15 \cdot 10^6)$  Гц;
  - імпульсними коливаннями, при розмірі зображення 0,8 поділок шкали, тривалістю –  $(0,06 \cdot 10^{-6} \dots 1)$  с.
13. Синхронізація зовнішня:
  - гармонічними коливаннями –  $(10 \dots 15 \cdot 10^6)$  Гц;
  - імпульсними коливаннями, при амплітуді (0,5...5) В, тривалістю –  $(0,06 \cdot 10^{-6} \dots 1)$  с.
14. Калібратор:

- прямокутні імпульси, 0,6/1 В/кГц;
- похибка амплітуди і частоти в нормальних умовах - не більше  $\pm 1\%$ .

### Порядок роботи

1. Для ввімкнення приладу слід заземлити його, з'єднати кабель живлення з джерелом змінного струму і потягнути ручку «СЕТЬ» на себе. В результаті ввімкнення осцилографа повинні загорітися сегменти цифрового індикатора, один з світлодіодів індикації розмірності цифрового вимірювача, а з деякою затримкою на екрані ЕПТ повинна з'явитися лінія розгортки.
2. Ручками керування параметрами променя досягти оптимальної яскравості і фокусування променя на екрані ЕПТ.
3. Балансування підсилювача вертикального відхилення здійснюється для каналів А Б наступним чином:
  - встановити перемикачі « $\cong$ ,  $I_-$ ,  $\approx$ » в положення « $I_-$ »;
  - встановити перемикач «СИНХРОН РЕЖИМ» в положення А (Б);
  - встановити перемикач «V/ДЕЛ» каналу А (Б) у положення 5 V ;
  - ручкою « $\updownarrow$ » встановити лінію розгортки нв центральну горизонтальну лінію шкали ЕПТ;
  - встановити перемикач «V/ДЕЛ» каналу А (Б) у положення 1V;
  - вирівняти лінію розгортки з центральної горизонтальною лінією шкали ЕПТ резистором БАЛАНС «А і Б» на нижній кришці приладу;
  - повторюйте ці дії, доки лінія розгортки залишиться приблизно в центрі шкали ЕПТ під час перемикання перемикачів «V/ДЕЛ».

## ГЕНЕРАТОР ГЗ-102



Генератор сигналів низькочастотний ГЗ-102 с плавной установкою частоти в межах кожного из чотирьох піддіапазонів. В генераторі забезпечується вихідний сигнал прецизійної синусної форми.

Генератор сигналів ГЗ-102 гарантує низький рівень бічних складових, у тому числі сигналів з

частотою мережі живлення и її гармонік.

### Основні технічні характеристики:

Діапазон частот - 20Гц-200кГц (4 піддіапазони);

Похибка встановлення частоти:

- $\pm[1+(50/f)]\%(20\text{Гц}-20\text{кГц})$ ;
- $\pm 1,5$ (вище 20кГц);

Нестабільність частоти:

- за 15 хв. -  $10 \cdot 10^{-4}f$  (20Гц-20кГц);  $20 \cdot 10^{-4}f$ (вище 20кГц);
- за 3 год. -  $50 \cdot 10^{-4}$ ;

Вихідна напруга - 7,75В (0дБ-100дБ, 600 Ом);

Похибка встановлення вихідної напруги - 4% (за умови нульового ослаблення атенюатора);

Нестабільність вихідної напруги за 3 год. - 10%;

Коефіцієнт гармоник - 0,1% (20Гц-70Гц); 0,05% (70Гц-200Гц, 2кГц-20кГц); 0,02% (200Гц-2кГц); 0,2% (20кГц-200кГц);

Живлення - 220В $\pm$ 22В, 50Гц, 400Гц;

Споживана потужність - 25В·А.

### Порядок роботи

1. Заземлити прилад, приєднавши клему заземлення до спільної шини.
2. Ввімкнути кабель живлення в мережу, ввімкнути тумблер «СЕТЬ», переконавшись по загорянню індикатора «СЕТЬ» в наявності живлення та очікувати 5 хвилин для прогрівання приладу.
3. З'єднати кабелем «Выход» генератора роз'ємом «Мод. Внеш.» на генераторі Г4-102.
4. Перемикачем «Множитель частоты» та ручкою «Hz» встановити частоту вихідного коливання 1 кГц.
5. Перемикачем «Пределы шкалы» та ручкою «Рег. вых.» змінювати рівень вихідної напруги до досягнення відмітки «К» на індикаторі Г4-103 у режимі калібрування глибини АМ.